

Verdaulichkeit und Abbaubarkeit von Ganzpflanzensilagen aus Getreide und Erbsen

Yves Arrigo¹, Silvain Henneberger² und Ueli Wyss¹

¹Agroscope, Institut für Nutztierwissenschaften INT, 1725 Posieux, Schweiz

²Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL, 3052 Zollikofen, Schweiz

Auskünfte: Yves Arrigo, E-Mail: yves.arrigo@agroscope.admin.ch



Triticale-Hafer-Erbsen-Mischung zum Zeitpunkt der Ernte.
(Foto: Yves Arrigo)

Einleitung

Mit Mischungen aus unreifen Protein- und Getreideganzpflanzen (GPS) lassen sich Futterreserven für einen beispielsweise durch Sommertrockenheit ausgelösten Futtermangel anlegen. Diese Mischungen liefern in Randanbaugebieten für Mais interessante TS-Erträge. Sie benötigen nur wenig Arbeits- und Pflegeaufwand und werden häufig im Biolandbau unter dem Aspekt einer gewissen Futterautonomie verwendet. Sät man die Kulturen im Herbst aus, kann auf diese Weise die Bodenerosion im Winter bekämpft werden.

Da GPS leicht anzubauen sind und nur geringe Kosten aufwerfen, sind die einfachen, aus zwei Getreidearten sowie einer oder zwei Proteinpflanzen bestehenden Mischungen am häufigsten. Die Nährwerte der Mischungen sind eher mittelmässig und variieren stark je nach Jahr, Reifestadium der Pflanzen und Anteilen der in der Mischung geernteten Pflanzenarten (Coutard 2014; Arrigo 2014).

Sobald der Nährwert in die Berechnung einer Ration einbezogen wird, muss der wahre Wert möglichst genau bekannt sein. Für die Schätzung der Nährwerte der GPS liegen nur lückenhafte Referenzen vor, da ausser den unzähligen möglichen botanischen Zusammensetzungen, den verwendeten Sorten, dem Erntestadium, den Witterungsbedingungen oder der Bodenbeschaffenheit auch noch die Konservierung (Wyss und Arrigo 2015) und schlussendlich die Zusammensetzung der Gesamtration des Tieres den Wert beeinflussen können. Während des 2013 durchgeführten Versuchs zur Schätzung des Nährwerts von GPS (Arrigo 2014) wurde zusätzlich das Additivitätsprinzip für die Schätzung der Verdaulichkeit der organischen Substanz (vOS) und der Abbaubarkeit des Rohproteins (aRP) angewandt.

Um die Additivitätshypothese zu untermauern und um unsere Datenbank zu vervollständigen, wurden Silagen von zwei Mischungen und ihren drei Einzelkomponenten (Triticale, Hafer und Erbsen) hergestellt und die *in vivo* Verdaulichkeit der organischen Substanz (vOS) sowie die *in sacco* Abbaubarkeit des Rohproteins (aRP) untersucht.

Tiere, Material und Methoden

Zwei Mischungen und ihre Komponenten, d. h. Triticale (Triamant), Hafer (Willand) und Futtererbsen (Arkta), wurden am 29. Oktober 2012 gesät. Die beiden Mischungen unterschieden sich durch den ausgesäten Erbsenanteil (Tab. 1): Bei der Mischung ERBS-t (geringer Erbsenanteil) wurden 50 kg / ha (45 Körner / m²) entspricht der maximal ausgesäten Menge im früher durchgeführten Versuch (Arrigo 2014) und bei der Mischung ERBS-h

(hoher Erbsenanteil) 75 kg / ha (68 Körner / m²) gesät. Es wurde keine Behandlung gegen Unkraut oder Krankheiten durchgeführt. Im April 2013 wurde eine Stickstoffgabe (Ammonsalpeter) in Höhe von 54 N-Einheiten / ha ausgebracht.

Die Silierung der verschiedenen Futter erfolgte am 11.07.2013 unter guten Bedingungen. Der Hafer befand sich zum Erntezeitpunkt im Stadium der Milchreife und die Triticale in der Teigreife. Die TS-Gehalte variierten zwischen 25,6 % bei Erbsen bis 38,1 % bei Triticale. Die botanischen Analysen der Parzellen wurden in den beiden Wochen vor der Ernte sowie zum Zeitpunkt der Ernte durchgeführt. Das Futter wurde am Ende des Vormittags mit einem Mäher mit Rotationsmäherwerk ohne Mähauflbereiter gemäht. Am Nachmittag wurde es ohne Zusatz eines Siliermittels mit einer mit sechs Messern ausgestatteten Ballenpresse (New Holland, Typ BB90/50) zu Quaderballen gepresst. Die Ballen wurden mit Stretch-Folie eingewickelt und in einem Gebäude gelagert. Die Gärungseigenschaften der Futter wurden in Laborsilos untersucht (Wyss und Arrigo 2015).

Für die Silagen, die aus den beiden angebauten Mischungen erzeugt worden waren, sowie die Triticale-, Hafer- und Erbsensilage wurden *in vivo* und *in sacco* Bestimmungen durchgeführt. Um die Additivität zu untersuchen, wurden zusätzlich die gleichen Mischungen mit den Reinsilagen vor der Verfütterung mit den gleichen Pflanzenanteilen hergestellt und anschliessend *in vivo* und *in sacco* untersucht (Abb. 1).

Der Verdaulichkeitsversuch erfolgte pro Behandlung mit vier kastrierten Hammeln der einheimischen Rasse Schwarzbraunes Bergschaf (Typ Oxford), die eine Ration von 1,1 × 0,380 MJ umsetzbare Energie / kg LG^{0,75} erhielten. Das Gewicht der Hammel blieb stabil (88,0 ± 10,8 vor der Bilanzperiode; 88,0 ± 10,5 bei Versuchsende).

Die Abbaubarkeitsversuche wurden nach dem Standardverfahren durchgeführt, wobei die Beutel 2, 4, 8, 16, 24 und 48 Stunden inkubiert wurden (Dohme et al. 2007). Dazu wurden drei trockenstehende fistulierte Holsteinkühe (Lebendgewicht 763 ± 86 kg) eingesetzt.

Zusammenfassung

Mischungen aus unreifen Protein- und Getreideganzpflanzen benötigen nur wenig Arbeits- und Pflegeaufwand und können bei Futtermangel für einen Vorrat sorgen. Um bei der Nährwertschätzung das Additivitätsprinzip zu prüfen, wurden *in vivo* Verdaulichkeitsversuche und *in sacco* Abbaubarkeitsversuche mit Silagen zweier verschiedener Mischungen mit unterschiedlich hohen Anteilen an Proteinpflanzen durchgeführt. Die Mischung mit tiefem Erbsengehalt, ERBS-t war folgendermassen zusammengesetzt: 60 % Triticale, 28 % Hafer und 13 % Erbsen. Die Mischung mit einem hohen Erbsenanteil, ERBS-h enthielt 35 % Triticale, 24 % Hafer und 41 % Erbsen. Dieselben Versuche wurden ebenfalls mit den drei Komponenten der Mischungen (Triticale, Hafer und Futtererbsen) durchgeführt. Von den beiden Mischungen erzielte ERBS-h die höchsten Verdaulichkeiten (für organische Substanz 76,5 vs. 61,9 %). Hinsichtlich der ruminalen Rohproteinabbaubarkeit unterschieden sich die beiden Mischungen nicht. Die errechneten Nährwerte lagen für ERBS-h bei 6,4 MJ Nettoenergie Laktation (NEL) pro kg Trockensubstanz (TS) und für ERBS-t lediglich bei 4,9 MJ NEL / kg TS. Die in der Futterkrippe aus Reinsilagen rekonstituierten Mischungen erzielten ähnliche Werte wie die ausgesäten Mischungen. Die Additivitätshypothese, bei welcher für die Schätzung der Nährwerte der Mischungen die Einzelkomponenten additiv zusammerechnet werden, erwies sich für die getreide-dominierte Mischung ERBS-t als gut, wohingegen die Werte für ERBS-h stark unterschätzt wurden.

Tab. 1 | Saatdichte und botanische Zusammensetzung der Mischungen

	Gesät kg/ha			Botanische Zusammensetzung (% in der Frischmasse)			
				Bei Aussaat vorgesehen ¹		Am 11.07.2013 geerntet	
	ERBS-t	ERBS-h	Reinkulturen	ERBS-t	ERBS-h	ERBS-t	ERBS-h
Triticale (Triamant)	90	90	160	41,3	35,0	60,1	34,8
Hafer (Willand)	40	40	130	22,7	19,2	27,1	24,1
Erbsen (Arkta)	50	75	160	36,0	45,8	12,9	41,1

¹Gemäss Tausendkorngewicht (Triticale 45 g, Hafer 35 g, Erbsen 110 g) und Gewicht einer in der Mischung geernteten Pflanze.

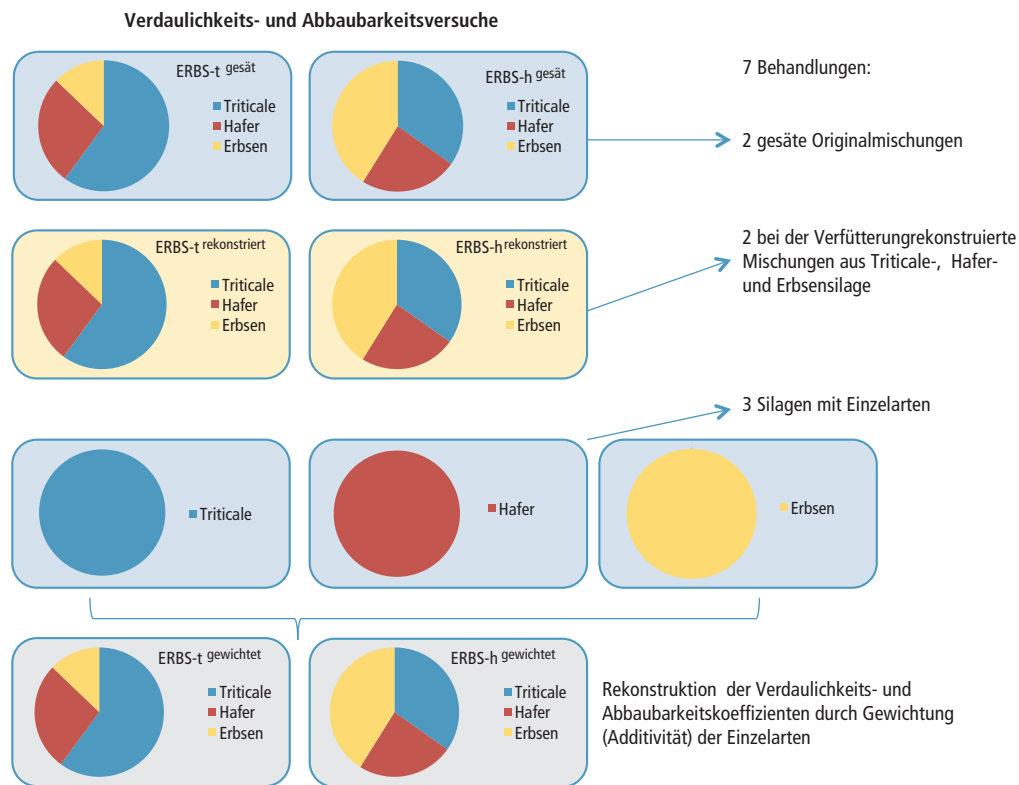


Abb. 1 | Versuchsschema.

Gleichzeitig wurde die Verdaulichkeit der organischen Substanz enzymatisch (Aufrère *et al.* 2007) und mit einer Methode, bei welcher Pansensaft verwendet wird (Tilley und Terry 1963), untersucht.

Die Nährwerte wurden mit den im Grünen Buch (Agroscope 2014) publizierten Gleichungen und den im Versuch bestimmten Parametern berechnet.

Resultate

Die Kulturen entwickelten sich unter sehr guten Witterungsbedingungen hervorragend; es kam nirgendwo zu Lagergetreide. Die Mischungen erzielten höhere TS-Erträge als die Reinkulturen (Tab. 2). Wenn man die Erbsen nicht mitberücksichtigt, von denen ein Teil verfault war und somit nicht siliert werden konnte, betrug der durchschnittliche Ertrag 7950 kg TS pro ha und entspricht damit den Ergebnissen von Coutard und Fortin (2014), die einen Ertrag in der Höhe von 8000 kg erzielten.

Während der letzten beiden Wochen vor der Ernte erhöhte sich der TS-Gehalt bei den Erbsen nochmals um 16 % und beim Hafer um 3 %, wohingegen sich die beiden Mischungen nur wenig weiterentwickelten, und die Entwicklung bei Triticale in der letzten Woche stagnierte.

Gesäte Mischungen – geerntete Mischungen

Da die Witterungsbedingungen die Keimung und Entwicklung der Mischungen stark beeinflussen, unterschied sich die bei der Aussaat vorgesehene botanische Zusammensetzung von derjenigen der letztendlich geernteten Futtermischung (Abb. 1). Mit einer Dichte von 50 kg / ha ausgesäte Erbsen (45 Körner/m²) wurden bei der Ernte nur 13 % – und nicht wie vorgesehen 36 % – erreicht (2012 wurden mit 50 kg/ha 14 % erzielt, Arrigo 2013). Mit einer Dichte von 75 kg / ha Erbsen (68 Körner/m²) näherte man sich hingegen dem gewünschten Anteil (41 % geerntet vs. 46 % bei der Aussaat geplant).

Die Gehalte der Mischungen waren mittelmässig (Tab 2.). Bei der Mischung ERBS-t entsprachen sie ziemlich genau den gemäss botanischer Zusammensetzung gewichteten Gehalten der Reinsilagen (Additivitätsprinzip). Bei der Mischung ERBS-h entsprachen die berechneten Werte für die Aminosäuren und die Fette nicht den analysierten Werten der Mischung. Dies lässt sich möglicherweise damit erklären, dass der Gewichtungsfaktor von Triticale in der Mischung ERBS-t stark dominierte (68 %), was in der Mischung mit hohem Erbsenanteil ERBS-h nicht der Fall war (45 %).

Tab. 2 | Erträge und chemische Zusammensetzung der Silagen bei der Fütterung in g/kg Trockensubstanz

	ERBS-t	ERBS-h	Triticale	Hafer	Erbsen
Trockensubstanz kg pro geerntete ha	10085	7766	6813	7110	52 98 ¹
Trockensubstanz in %	38,2	39,0	42,3	34,6	25,5
Rohprotein	69	68	64	52	158
Rohfaser	318	316	301	326	289
Lignocellulose (ADF)	351	359	333	363	327
Zellwände (NDF)	514	542	501	527	439
Asche	53	57	44	56	73
Zucker WSC (wasserlöslich)	116	118	185	84	70
Zucker ESC (ethanollöslich)	85	80	112	54	25
Stärke	96	102	65	47	123
Fett	16,1	16,7	12,6	38,1	20,4
Bruttoenergie in MJ	19,5	18,9	18,9	20,1	18,9
Kalzium	4,4	4,9	2,1	2,4	12,6
Phosphor	2,5	2,4	2,5	2,3	4,0
Magnesium	1,1	1,2	1,1	0,9	2,1
Kalium	14,2	13,8	9,6	18,7	20,3
Aminosäuren insgesamt	52	51	47	40	119
Lysin	2,6	2,6	1,9	1,9	6,6
Methionin	0,9	0,9	0,9	0,8	1,8
Palmitinsäure C16	2,7	2,8	2,4	5,5	3,2
Ölsäure C18:1C9	2,7	3,1	1,3	13,3	0,8
Linolsäure C18:2C9C12	4,9	5,1	4,1	12,6	4,9
Fermentierbare Substanzen	57	71	47	71	144

¹Futtererbsen nicht vollständig geerntet, ein verfaulter Rest wurde auf dem Feld zurückgelassen; auf der Grundlage von Proben lässt sich der Ertrag der Erbsen auf 15 000 kg TS / ha schätzen.

Die Gehalte der Silagen (Tab. 2) zeigten, dass die Erbsen die höchsten Gehalte aufwiesen für Rohprotein (RP), Asche, Kalzium, Phosphor, Magnesium, Kalium, alle Aminosäuren sowie für die Fettsäure alpha-Linolensäure (C18:3). Die Erbsen wiesen die geringsten Gehalte an Zellwandbestandteilen (Rohfaser, Lignocellulose und Zellwände), Ölsäure (C18:1) und wasser- sowie ethanol-löslichem Zucker (WSC und ESC) auf. Im Gegensatz dazu wies Hafer die höchsten Gehalte an Zellwandbestandteilen, Fett, Palmitinsäure (C16:0), Ölsäure (C18:1) und Linolsäure (C18:2) auf. Die Aminosäuregehalte waren hingegen bei Hafer am tiefsten.

Tierversuche

Abgesehen von Hafer frassen die Schafe die einzeln vorgelegten Silagen nicht sonderlich gut.

Die vOS der ERBS-h Silage (hoher Erbsenanteil) unterschied sich von den übrigen ($p < 0,01$) durch einen hohen Wert, gefolgt von Erbsen und Triticale. Hafer erzielte einen mittleren Koeffizienten (Tab. 3). Die Silagen wiesen auch bei den übrigen Nährstoffen Unterschiede auf ($p < 0,01$). Die Verdaulichkeit von RP in der Erbsensilage

war mit 72,4 % 2,9-mal höher ist jene von Hafersilage; die Werte von der Mischung ERBS-t und von Triticale lagen beide bei etwa 40 %. Bei den Zellwandbestandteilen dominierte die Mischung ERBS-h mit den höchsten Werten, die mehr als 70 % betrug; die Werte der anderen Silagen lagen zwischen 45 und 60 %. Die Nährstoffverdaulichkeit war mit der Mischung ERBS-h abgesehen von vRP am höchsten. Im Gegensatz dazu wies Hafer – ausser für die Verdaulichkeit der Rohfaser (vRF) und der Lignocellulose (vADF) – die tiefsten Koeffizienten auf.

Die Abbaubarkeit des Rohproteins (aRP) der Erbsensilage unterschied sich ($p < 0,01$) mit 84,6 % von den beiden Mischungen und von Triticale. Hafer erreichte mit 74,6 % die tiefste aRP (Tab. 3).

Der Vergleich zwischen den Verdaulichkeiten und Abbaubarkeiten der gesäten Mischungen, der in der Futterkrippe (bzw. in den Nylonsäckchen) rekonstituierten Mischungen oder der mittels Additivität der Verdaulichkeiten oder Abbaubarkeiten der Reinkulturen berechneten Werte ist aus Tabelle 4 ersichtlich. Bei der getreide-dominierten Mischung ERBS-t unterschieden sich die

Tab. 3 | Koeffizienten der *in-vivo*-Verdaulichkeiten und der *in-sacco*-Abbaubarkeit der Silagen

	ERBS-t	ERBS-h	Triticale	Hafer	Erbsen	S_x	p
vOS	61,9 ^{cd} ±0,5	76,5 ^a ±2,2	65,2 ^{bd} ±3,3	58,3 ^c ±4,1	69,5 ^b ±2,4	1,4	<0,01
vRP	42,8 ^c ±2,9	56,1 ^b ±7,0	38,5 ^c ±2,5	24,9 ^d ±3,0	72,4 ^a ±2,3	2,3	<0,01
vRF	55,0 ^b ±1,3	74,6 ^a ±3,9	59,6 ^b ±3,2	58,6 ^b ±6,2	52,1 ^b ±2,9	2,0	<0,01
vADF	49,7 ^b ±1,1	71,4 ^a ±3,8	55,8 ^b ±1,5	53,4 ^b ±4,9	51,1 ^b ±1,4	1,6	<0,01
vNDF	47,6 ^{bc} ±0,7	72,1 ^a ±3,7	53,7 ^{bc} ±3,7	44,6 ^c ±8,2	58,5 ^b ±2,6	2,4	<0,01
vBE	60,3 ^c ±1,0	74,3 ^a ±2,2	61,9 ^{bc} ±3,6	57,4 ^c ±3,9	67,1 ^b ±2,1	1,4	<0,01
aRP	77,0 ^b ±1,9	75,7 ^{bc} ±0,5	76,5 ^b ±1,6	71,4 ^c ±2,5	84,6 ^a ±1,0	0,9	<0,01

S_x = Standardfehler des Mittelwerts; p = Signifikanzschwelle.

Die mit unterschiedlichen Buchstaben bezeichneten Werte in einer Zeile sind statistisch verschieden.

vOS = Verdaulichkeit der organischen Substanz; vRP = Verdaulichkeit des Rohproteins; vRF = Verdaulichkeit der Rohfaser; vADF = Verdaulichkeit der Lignocellulose; vNDF = Verdaulichkeit der Zellwände; vBE = Verdaulichkeit der Bruttoenergie; aRP = Abbaubarkeit des Rohproteins.

Werte der vOS, vRF, der Verdaulichkeit der Bruttoenergie (vBE) der gesäten Mischung nicht von den in der Futterkrippe rekonstituierten Mischung. Sie unterschieden sich jedoch von den durch Additivität erhaltenen Werte ($p = 0,03$ bis $p < 0,01$), die höher ausfallen. Bei der Mischung ERBS-h unterschieden sich die drei Varianten – abgesehen von der vRP- und vBE – bezüglich aller Verdaulichkeiten und der Abbaubarkeit ($p < 0,01$). Durch Additivität erzielte man bei der Mischung ERBS-h Werte, die deutlich unter jenen der beiden übrigen Varianten lagen. Die Werte der gesäten Mischung lagen in einem höheren Bereich.

Schätzung der Verdaulichkeit

Die beiden Laborschätzmethode, bei welchen entweder Pansensaft oder Enzyme verwendet wurden, um die vOS zu bestimmen, unterschätzten die *in vivo* erhaltenen Werte: Bei der Mischung ERBS-h traten die grössten Unterschiede auf (>30 %), bei Erbsen die geringsten (<10 %). Die beiden Methoden führten zu recht ähnlichen Schätzungen. Die vOS lässt sich bei Hafer scheinbar besser mit der Methode von Tilley und Terry (1968) schätzen, bei welcher Pansensaft verwendet wurde (Abb. 2).

Tab. 4 | Verdaulichkeitskoeffizienten der gesäten, rekonstituierten und gewichteten Mischungen

	ERBS-t gesät	ERBS-t rekonstituiert ¹	ERBS-t gewichtet ²	S_x	p
vOS	61,9 ^b	62,1 ^{ab}	63,9 ^a	0,5	0,03
vRP	42,8 ^a	32,0 ^b	42,4 ^a	1,9	<0,01
vRF	55,0 ^b	56,3 ^{ab}	58,8 ^a	0,9	0,03
vADF	49,7 ^b	53,2 ^a	54,8 ^a	0,7	<0,01
vNDF	47,6 ^b	52,2 ^a	52,2 ^a	0,8	<0,01
vBE	60,3	59,0	61,2	0,7	0,15
aRP	77,0 ^b	79,8 ^a	77,1 ^b	0,7	0,05
	ERBS-h gesät	ERBS-h rekonstituiert ¹	ERBS-h gewichtet ²	S_x	p
vOS	76,5 ^a	73,5 ^b	64,8 ^c	0,7	<0,01
vRP	56,1 ^b	66,9 ^a	54,6 ^c	2,1	<0,01
vRF	74,6 ^a	67,0 ^b	57,2 ^c	1,2	<0,01
vADF	71,4 ^a	64,9 ^b	53,8 ^c	1,2	<0,01
vNDF	72,1 ^a	65,5 ^b	52,6 ^c	1,2	<0,01
vBE	74,3 ^a	71,9 ^a	62,3 ^b	0,7	<0,01
aRP	75,7 ^c	83,5 ^a	80,5 ^b	0,2	<0,01

¹Koeffizienten der in der Krippe rekonstituierten Mischungen aus Triticale-, Hafer- und Erbsensilage.

²Koeffizienten, die durch Gewichtung der für Triticale, Hafer und Erbsen bestimmten Koeffizienten erhalten wurden.

S_x = Standardfehler des Mittelwerts; p = Signifikanzschwelle.

Die mit unterschiedlichen Buchstaben bezeichneten Werte in einer Zeile sind statistisch verschieden.

vOS = Verdaulichkeit der organischen Substanz; vRP = Verdaulichkeit des Rohproteins; vRF = Verdaulichkeit der Rohfaser; vADF = Verdaulichkeit der Lignocellulose; vNDF = Verdaulichkeit der Zellwände; vBE = Verdaulichkeit der Bruttoenergie; aRP = Abbaubarkeit des Rohproteins.

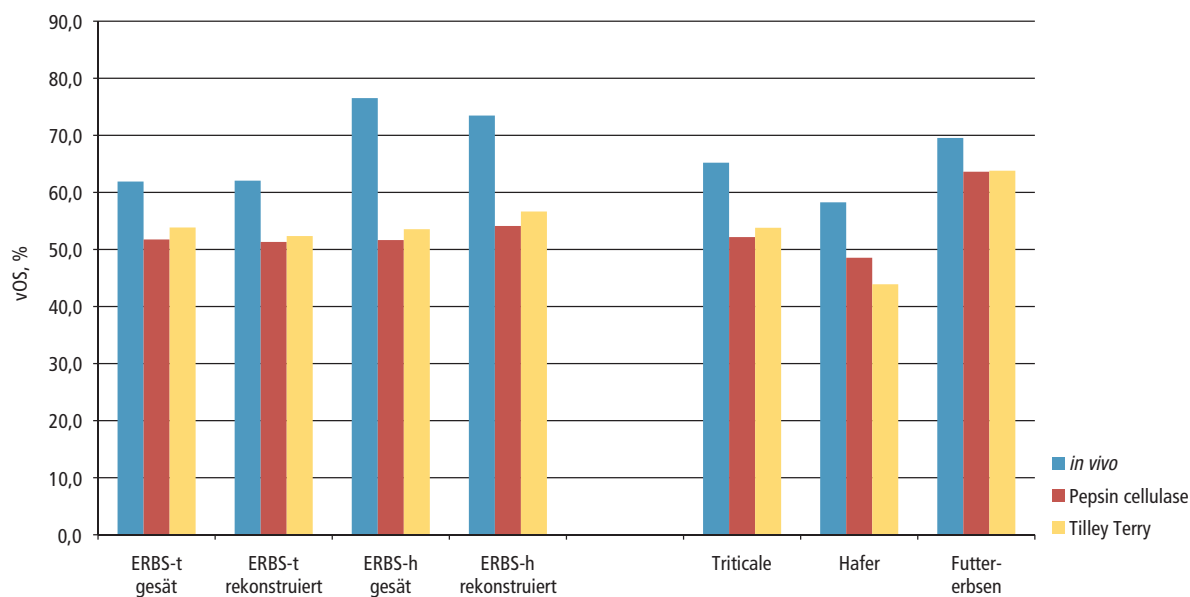


Abb. 2 | Schätzung der Verdaulichkeit der organischen Substanz der Silagen mit Labormethoden

Nährwerte

Bei den Reinsilagen erzielte Hafer die tiefsten Nährwertgehalte in der TS [(4,5 MJ Nettoenergie Laktation (NEL), 54 g absorbierbares Protein im Darm, das auf Grund der verfügbaren Energie im Pansen aufgebaut werden kann (APDE)], gefolgt von Triticale (5,3 MJ NEL, 65 g APDE; Tab. 5). Wegen ihrer guten Verdaulichkeit erzielte die

Mischung ERBS-h einen guten Nährwert mit 6,4 MJ NEL und 74 g APDE / kg TS, womit sie sich auf gleichem Niveau wie Maissilage ansiedeln lässt. Abgesehen von der Erbsensilage wiesen alle übrigen Silagen mit einem Gehalt von weniger als 15 g Rohprotein pro MJ NEL ein Defizit an Rohprotein auf. Die Erbsensilage erreichte hingegen 28 g RP / MJ NEL.

Tab. 5 | Nährwerte der Triticale-, Hafer und Erbsensilage sowie der Mischungen

	NEL MJ / kg TS	NEV MJ / kg TS	APDE g / kg TS	APDN g / kg TS	RP / NEL g / MJ
Triticale	5,3 (4,8) ¹	5,2 (4,5)	65 (59)	39 (44)	12
Hafer	4,5 (5,0)	4,1 (4,9)	54 (60)	32 (61)	11
Futtererbsen	5,6 (5,9)	5,6 (5,9)	71 (75)	98 (96)	28
Mischungen					
ERBS-t ausgesät <i>in vivo</i>	4,9	4,6	62	42	14
ERBS-t rekonst. Krippe <i>in vivo</i>	5,0	4,7	60	40	13
ERBS-t gew. ² aus Reinsilagen	5,2	5,0	63	42	13
ERBS-t gew. ³ Koeff. GB + Gehalte der Reinsilagen	5,0	4,7	63	42	14
ERBS-t gew. ⁴ GB-Werte	4,9	4,8	61	52	18
Mischungen					
ERBS-h ausgesät <i>in vivo</i>	6,4	6,6	74	42	11
ERBS-h rekonst. Krippe <i>in vivo</i>	6,1	6,1	70	52	14
ERBS-h gew. ² aus Reinsilagen	5,2	5,0	64	55	17
ERBS-h gew. ³ Koeff. GB + Gehalte der Reinsilagen	5,2	5,1	64	42	13
ERBS-h gew. ⁴ GB-Werte	5,2	5,1	64	64	21

NEL = Nettoenergie Laktation; NEV = Nettoenergie Mast; APDE aus verfügbarer Energie aufgebautes im Darm absorbierbares Protein; APDN = aus abgebautem Rohprotein aufgebautes im Darm absorbierbare Proteine.

¹Werte in Klammern aus der Futtermitteldatenbank (Agroscope 2014).

²durch Gewichtung der chemischen Zusammensetzungen und der Koeffizienten vOS, vRP und aRP usw. der Reinsilagen berechnet.

³Gewichtung der Koeffizienten vOS, vRP und aRP der Einzelkomponenten, publiziert in der Futtermitteldatenbank und der in den Mischungen analysierte Nährstoffe.

⁴Gewichtung der Werte NEL, NEV, APDE oder APDN der Einzelkomponenten, publiziert in feed base (GB).

Originalmischungen vs. rekonstituierte vs. berechnete Mischungen

Die beiden vor der Verfütterung rekonstituierten Mischungen erzielten Werte, die denen der Originalmischungen glichen (Tab. 5).

Durch Additivität der chemischen Zusammensetzungen, der Verdaulichkeitskoeffizienten und der Abbaubarkeitskoeffizienten von Triticale-, Hafer- und Erbsensilagen wurden je nach Mischung unterschiedliche Ergebnisse erzielt. Bei der Mischung ERBS-t, in welcher Getreide dominierte, wurden die gewichteten Werte leicht überschätzt (6 % bei NEL), wohingegen bei der Mischung ERBS-h die berechneten Werte deutlich unterschätzt wurden (–19 % bei NEL).

Diese Schätzdifferenz zwischen den Mischungen fanden sich auch dann, wenn man die Werte der vOS und aRP für die Berechnung den Tabellen (Agroscope 2014) entnimmt.

Die stark vereinfachte Schätzung, die darin besteht, die Werte für NEL, NEV, APDE und APDN zu gewichten, die in den Tabellen (Agroscope 2014) für Triticale, Hafer und Erbsen veröffentlicht wurden, ergab Werte, die eng bei denjenigen der Mischung ERBS-t lagen; auch hier unterschätzte man jedoch die Werte der Mischung ERBS-h.

Verwendete man eine «einheitliche» vOS in Höhe von 65 % (Durchschnittswert der beiden Mischungen dieses Versuchs sowie der drei im Jahr 2012 untersuchten Mischungen (Arrigo 2014)), erzielte die Mischung ERBS-t einen Energiewert in Höhe von 5,2 vs. 4,9 MJ NEL und 64 vs. 62g APDE, was einer Überschätzung bezüglich Energie von 6 % und bezüglich Protein von 4 % entspricht. Bei der Mischung ERBS-h wurden 5,2 vs. 6,4 MJ NEL und 64 vs. 74 g APDE erzielt. Dies entspricht einer Unterschätzung in Höhe von 18 % für NEL und 14 % für Rohprotein.

Schlussfolgerungen

Für eine Nährwertschätzung wird bei GPS bestehend aus Protein- und Getreideganzpflanzen zwingend eine botanische Analyse zum Zeitpunkt der Ernte benötigt, um die Koeffizienten (vOS, vRP, aRP) durch Additivität ermitteln zu können, da die gesäten Mengen in der Regel nicht der botanischen Zusammensetzung bei der Ernte entsprechen.

In diesem Versuch funktionierte das Additivitätsprinzip bei der Mischung ERBS-t recht gut, um die Nährwerte zu schätzen. Bei der Mischung ERBS-h hingegen, deren botanische Zusammensetzung ausgeglichener und deren Verdaulichkeit sehr hoch war, führte die Schätzung mittels Additivitätsprinzip zu einer deutlichen Unterschätzung der Werte.

Diese Arbeit verdeutlichte die Empfindlichkeit der Nährwertschätzung durch Additivität bei einer Mischung, die nicht von einem Pflanzentyp (Getreide oder Proteinpflanze) dominiert wird.

Die Schätzung mittels Gleichungen, die auf der botanischen Zusammensetzung oder bestimmten Nährstoffen basieren, wäre geeigneter und könnte die Schätzungen bei GPS verbessern. Dafür werden jedoch noch zahlreiche weitere Daten benötigt. Die Schätzungen der vOS mit Labormethoden könnte die Sammlung solcher Daten vereinfachen. Da sie jedoch die *in-vivo*-Verdaulichkeit der OS unterschätzen, müssten sie punktuell durch *in-vivo*-Versuche validiert werden. ■

Riassunto

Digeribilità e degradabilità degli insilati di piante intere di cereali e piselli

Le miscele di piante proteiche e cereali interi non ancora maturi sono poco impegnative in termini di lavoro e cura. Esse garantiscono quindi uno stock di foraggio in caso di penuria. Per valutare il principio di additivazione nella stima del valore nutritivo, sono state effettuate prove di digeribilità in vivo e di degradabilità in sacco su insilati composti da due miscele diverse con percentuali di piante proteiche differenti. La miscela POIS-b, con una percentuale bassa di piselli, era composta da 60 % di triticale, 28 % d'avena e 13 % di piselli. La miscela POIS-h, con una percentuale elevata di piselli, conteneva 35 % di triticale, 24 % d'avena e 41 % di piselli. Gli stessi test sono stati condotti anche sulle rispettive componenti (triticale, avena e piselli).

La miscela POIS-h è risultata la più digeribile (per sostanza organica 76,5 vs 61,9 %). Non si sono invece riscontrate differenze tra le due miscele per quanto riguarda la degradabilità della proteina grezza nel rumine. Il valore nutritivo di POIS-h ammonta a 6,4 MJ di energia netta per la lattazione (NEL) per kg di sostanza secca (SS), mentre quello di POIS-b soltanto a 4,9 MJ NEL/kg SS. Le miscele ricostituite con insilati puri in mangiatoia raggiungono valori simili a quelli ottenuti dalle miscele seminate. L'ipotesi dell'additivazione, in cui per la stima dei valori nutritivi delle miscele vengono addizionate le singole componenti, si è confermata valida per POIS-b, la miscela con una percentuale dominante di cereali, mentre per POIS-h i valori sono risultati decisamente sottovalutati.

Summary

Digestibility and degradability of silages from whole-plant pea-cereal mixtures

Requiring few inputs, protein plant-immature cereal mixtures can guarantee forage stocks in times of shortage. In order to test whether and how the principle of additivity predicts nutritional value, we conducted in vivo digestibility tests and in sacco degradability tests (crude protein degradability, CPD) to evaluate silages from two mixtures with different protein-plant (i.e., pea) contents. The mixture with low pea content, PEAS-I, contained 60 % triticale, 28 % oats and 13 % peas, whereas that with high pea content, PEAS-h, contained 35 % triticale, 24 % oats and 41 % peas). The same tests were conducted with the silages of the constituents (triticale, oats and forage peas). Of the two mixtures, PEAS-h had the highest digestibility figures (for organic matter: 76.5 vs. 61.9 %). The CPD was statistically similar between the mixtures. Furthermore, PEAS-h produced 6.4 MJ net energy content for lactation (NEL) per kg of dry matter (DM), whereas PEAS-I produced 4.9 MJ NEL/kg DM. Mixtures reconstituted at the manger with the pure silages produced values similar to those of sown mixtures. The constituent additivity hypothesis correctly predicted the values for PEAS-I, the cereal-dominated mixture, but strongly underestimated those for PEAS-h.

Key words: digestibility; degradability; pea-cereal mixtures, nutritive values, additivity.

Literatur

- Agroscope, 2014. Fütterungsempfehlungen für Wiederkäuer (Grünes Buch). Zugang: <http://www.agroscope.admin.ch/futtermitteldatenbank/04834/index.html?lang=de>. [10.10.2014].
- Aufrère J., Baumont R., Delaby L., Peccatte J.-R., Andrieu J., Andrieu J.-P. & Dulphey J.-P., 2007. Prédiction de la digestibilité des fourrages par la méthode pepsine-cellulase. Le point sur les équations proposées. *INRA, Prod. Anim.* **20** (2), S. 129–136.
- Arrigo Y., 2014. Nährwertschätzung von Silagen aus Mischungen von Grüngetreide und Erbsen. *Agrarforschung Schweiz* **5** (2), 52–59.
- Coutard J. P. & Fortin J., 2014. Les associations céréales protéagineux récoltées immatures: assemblages, valeurs nutritives et valorisation par les vaches allaitantes. *Renc. Rech. Ruminants* (21), 93–96.
- Dohme F., Graf C. M., Arrigo Y., Wyss U. & Kreuzer M., 2007. Effect of botanical characteristics, growth stage and method of conservation on factors related to the physical structure of forage – An attempt toward a better understanding of the effectiveness of fiber in ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.* **138**, 205–227.
- Tilley J. M. A. & Terry R. A., 1963. A two stage technique for *in vitro* digestion of forage crops. *J. Br. Grassl. Soc.* **18**, 104–111.
- Wyss U. & Arrigo Y., 2015. Qualität von Ganzpflanzensilagen aus Triticale, Hafer und Futtererbsen. *Agrarforschung Schweiz* **6** (4) 152–159.